

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
20. November 2003 (20.11.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/096584 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04J 14/06**,  
H04B 10/135

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/01446

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. Mai 2003 (06.05.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 20 929.4 10. Mai 2002 (10.05.2002) DE  
102 42 915.4 16. September 2002 (16.09.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GOTTWALD**,  
**Erich** [DE/DE]; Josef-Kammerloher-Strasse 18, 83607  
Holzkirchen (DE). **HECKER, Nancy** [US/DE]; Freibad-  
strasse 15 Eg, 81543 München (DE). **PAETSCH**,  
**Werner** [DE/DE]; Noestrasse 7, 81479 München (DE).  
**SCHAIRER, Wolfgang** [DE/DE]; Plantagenweg 33,  
85354 Freising (DE).

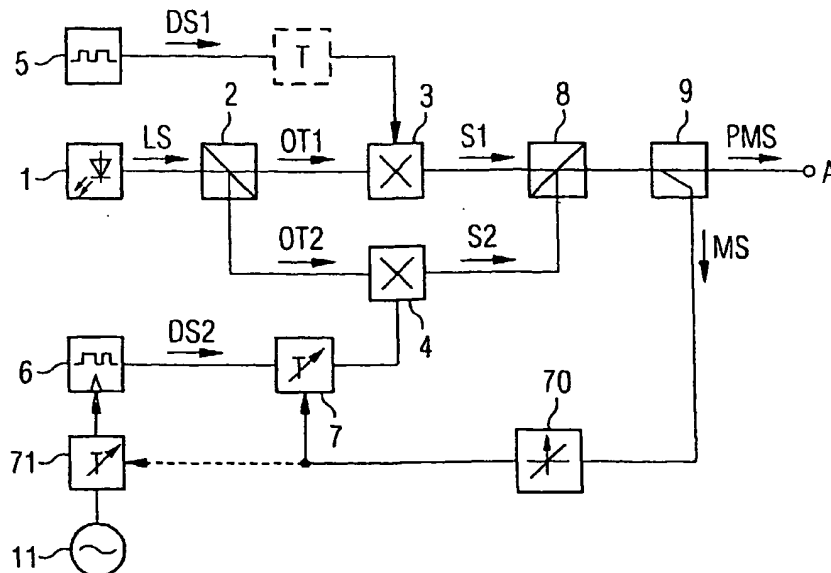
(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR REDUCING THE SIGNAL DEGRADATION IN AN OPTICAL POLARI-  
SATION-MULTIPLEX SIGNAL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR VERRINGERUNG DER SIGNALDEGRADATION EINES OPTI-  
SCHEN POLARISATION-MULTIPLEXSIGNALS



(57) Abstract: Method for reducing signal degradation in an optical polarisation-multiplex system. The modulated optical signals (S1, S2) to be transmitted are synchronised or generated such that the phase difference for NRZ-modulated signals (S1, S2) is at least approximately 0° and the phase difference for RZ-modulated signals is at least approximately 180°. They can also be achieved by means of different synchronising devices.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/096584 A1



LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Die zu übertragenden modulierten optischen Signale (S1, S2) werden zueinander so synchronisiert oder generiert, dass die Phasendifferenz bei NRZ-modulierten Signalen (S1, S2) zumindest annähernd 0° und bei RZ-modulierten Signalen zumindest annähernd 180° beträgt. Die kann auch durch unterschiedliche Synchronisiereinrichtungen erreicht werden.

## Beschreibung

### Verfahren und Anordnung zur Verringerung der Signaldegradation eines optischen Polarisations- Multiplexsignals

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Verringerung der Signaldegradation nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Anordnung hierzu nach dem Oberbegriff des Anspruchs 9.

Bei optischen Übertragungssystemen wird zur Erhöhung der Übertragungskapazität das Polarisations-Multiplexverfahren angewendet, bei dem zwei zueinander vorteilhafter Weise orthogonal polarisierte Signale auf der selben Wellenlänge übertragen werden.

Das Auftreten von Polarisationsmodendispersion (PMD) führt zu einem kohärenten Übersprechen zwischen den Signalen. Dieses Übersprechen (Crosstalk) macht bereits bei geringen PMD-Werten eine fehlerfreie Übertragung von Polarisations-Multiplexsignalen unmöglich, während bei Übertragungssystemen ohne Polarisationsmultiplex diese PMD-Werte noch tolerierbar sind. Die Störungen machen sich sowohl bei (auch mehrstufiger) Amplituden- als auch bei Winkelmodulation bemerkbar.

In der europäischen Patentanmeldung EP 1 202 485 A1 wird ein Verfahren zur Übertragung von Polarisations-Multiplexsignalen beschrieben, bei dem ein Signal in zwei Teilsignale aufgeteilt wird, die dann mit zueinander senkrechten Polarisationssebenen wieder zu einem Zeitmultiplexsignal zusammengefasst werden. Durch das Zeitmultiplexverfahren werden gegenseitige Signalstörungen vermieden und die Datenrate in jedes Signals halbiert. Es wird jedoch nicht die geforderte Verdopplung der Übertragungskapazität erreicht.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Signaldegradation bei Polarsation-Multiplexsignalen zu verringern, ohne die Übertragungskapazität einzuschränken.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Eine geeignete Anordnung ist in Anspruch 11 angegeben.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Der Kern der Erfindung besteht darin, die von einem Signal verursachten Störungen zeitlich so anzuordnen, dass sie in den unkritischen Bereich des anderen Signals fallen, in dem die Auswertung des logischen Zustands nicht beeinflusst wird. Da diese Störungen von den Bitgrenzen (bei Mehrphasenmodulation werden hierunter die Grenzen der Modulationsabschnitte verstanden) ausgehen und bei Amplitudenmodulation durch die Signalflanken verursacht werden, sollten beide zu übertragenden Signale so synchronisiert werden, dass ihre Bitgrenzen bzw. Signalflanken nicht in die kritischen Auswertungsbereiche, also nicht in die Bitmitten und deren Nähe, fallen. Bei NRZ (not return to zero)-Signalen sollen daher die Bitgrenzen zusammenfallen. Bei RZ-Signalen mit kurzen Impulsen wird dies durch eine Phasenverschiebung von  $180^\circ$  erreicht. Für winkelmulierte Signale gilt entsprechendes.

Falls beide Signale aus unterschiedlichen Datenquellen stammen, ist eine Synchronisierung oder Taktanpassung notwendig.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die Toleranz gegenüber PMD mehr als verdoppelt, was zur Erhöhung der maximal möglichen regenerationsfreien Übertragungsstrecke um den Faktor 4 führt.

## 3

Dies ermöglicht auch ein Übertragungsverfahren, bei dem Polarisationsmultiplex mit mehrstufiger Phasenmodulation kombiniert wird. Bei der Verwendung von Vierphasenmodulation wird eine vierfache Datenrate möglich. Ähnliche Vorteile ergeben sich bei einer Duobinärcodierung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand von Figuren näher beschrieben.

Es zeigen:

Figur 1 eine Senderanordnung mit einem elektrischen Phasenschieber zur Synchronisation,  
Figur 2 eine Sendeanordnung zur Erzeugung synchroner polarisierte Signale,  
Figur 3 eine Sendeanordnung zur Umsetzung eines Datensignals in zwei parallele polarisierte Sendesignale.  
Figur 4 eine Sendeanordnung mit einer das Datenmultiplexsignal verwendenden Regelung,  
Figur 5 eine Sendeanordnung mit einer Vergleichseinrichtung zur Erzeugung des Regelsignals,  
Figur 6 ein zugehöriges Zeitdiagramm,  
Figur 7 eine Sendeanordnung für RZ-Signale,  
Figur 8 ein zugehöriges Zeitdiagramm,  
Figur 9 eine Sendeanordnung mit zwei Phasendetektoren und  
Figur 10 ein zugehöriges Zeitdiagramm.

Figur 1 zeigt eine Sendeanordnung zur Übertragung eines PMD-Signals. Bei dem Ausführungsbeispiel wird von linear polarisiertem Licht ausgegangen und zum leichteren Verständnis Amplitudenmodulation angenommen. Es sind jedoch auch eine andere (orthogonale) Polarisierungen und andere Modulationsarten möglich.

Eine kohärente Lichtquelle (Laser) 1 erzeugt ein Lasersignal LS, dass in einem optischen Polarisationsstrahlteiler 2 in zwei orthogonale Komponenten, die Trägersignale OT1 und OT2,

aufgeteilt wird. Diese werden jeweils einem Modulator, beispielsweise einem Mach-Zehnder-Modulator 3 bzw. 4 zugeführt. Der Modulator 3 wird von einer ersten elektrischen Datenquelle 5, die ein erstes Datensignal DS1 erzeugt, angesteuert. Eine zweite elektrische Datenquelle 6 erzeugt ein zweites Datensignal DS2, das über ein elektrisches Laufzeitglied (Phasenschieber) 7 dem zweiten Modulator 4 zugeführt wird. Die modulierten Signale S1 und S2 werden über einen Polarisationsstrahl-Kombinierer 8 (darunter wird jeder Kombinierer verstanden, der zum Zusammenfassen der Signale geeignet ist, beispielsweise auch ein 3dB-Koppler) zusammengeführt und das so gewonnene Polarisationsmultiplexsignal PMS wird am Ausgang A abgegeben. Es wird davon ausgegangen, dass beide Datenquellen synchron zueinander sind, so dass lediglich eine Synchronisationseinrichtung 7, 10 erforderlich ist, die für die optimale Phasenverschiebung zwischen dem ersten Datensignal DS1 und dem zweiten Datensignal DS2 sorgt. Diese optimale Phasenverschiebung wird durch einen Phasenschieber bewirkt, der als einstellbares elektrisches Laufzeitglied 7 realisiert ist. Prinzipiell kann der einstellbare Phasenschieber an jeder Stelle im Signalweg (einschließlich Taktzuleitung) des Signals S1 oder S2 angeordnet werden.

Vorteilhafter Weise wird das Laufzeitglied 7 von einer Regeleinrichtung 10 gesteuert, der ein vom Polarisations-Multiplexsignal PMS abgezweigtes Meßsignal MS zugeführt wird. Es können beliebige Regelkriterien, beispielsweise die Fehlerrate oder ein Oberwellenanteil des Signals zur Regelung verwendet werden. Um einen symmetrischen Regelbereich zu bekommen, kann ein weiteres (elektrisches) Verzögerungsglied 72 beispielsweise zwischen der ersten Datenquelle 5 und dem ersten Modulator 3 eingefügt werden. Prinzipiell könnte das elektrische Laufzeitglied 7 durch ein steuerbares optisches Verzögerungsglied 71 ersetzt werden. Das optische Laufzeitglied 71 wird beispielsweise nach dem zweiten Modulator 4 eingefügt.

Eine gleichwertige Lösung besteht in der Einfügung des Laufzeitgliedes in eine Taktsignalleitung, wenn eine Datenquelle von einem Taktgenerator 11 getriggert wird.

Bei NRZ-Signalen wird das elektrische Laufzeitglied 7 so eingestellt, dass sich Modulationsabschnittsgrenzen, bei Amplitudenmodulation die Flanken der zu übertragenden Signale S1 und S2, zu den selben Zeitpunkten auftreten (bei Winkelmodulation die Zeitpunkte der Frequenz- oder Phasenumtastung, z. B. Bitgrenzen), also die erzeugten Störungen möglichst weit vom Auswertebereich, meist dem Auswerte- oder Abtastzeitpunkt in der Bitmitte, entfernt sind.

Bei RZ-Signalen mit kurzen Impulsen wird eine Phasenverschiebung von  $180^\circ$  der auszusendenden Signale S1, S2 eingestellt, so dass die störenden Flanken des jeweils anderen Signals wiederum maximal von den Auswertezeitpunkten entfernt liegen. Der Abstand beträgt jedoch weniger als die Hälfte einer Bitdauer.

Figur 2 zeigt eine Anordnung zum Übertragen von plesiochronen Signalen. Zwei plesiochrone Datensignale PS1 und PS2 werden zunächst in Speicher 12 bzw. 14 eingeschrieben und aus diesen mit einem Taktsignal TS1 bzw. TS2 abgerufen, die beide von einem einzigen Taktgenerator 11 erzeugt werden. Die Anpassung zwischen der Datenrate der plesiochronen Signale und den Taktsignalen TS1 und TS2 erfolgt durch Taktanpassungen 13 bzw. 15, die Unterschiede in den Datenraten durch Stopfvorgänge ausgleichen. Bei NRZ-Signalen weisen die Taktsignale TS1 und TS2 die selbe Phasenlage auf; bei RZ-Signalen werden invertierte Taktsignale mit einem Tastverhältnis von 1:1 verwendet, um die gewünschte Phasenverschiebung von  $180^\circ$  zu erreichen. Bei einem symmetrischen Aufbau kann auf eine Phasenregelung bzw. ein Laufzeitglied verzichtet werden.

Figur 3 zeigt eine Anordnung, bei der ein Datensignal DS durch einen Demultiplexer in zwei Datensignale DS1 und DS2 der halben Datenrate aufgeteilt werden. Mit diesen Datensignalen werden wiederum die orthogonalen Komponenten OT1, OT2 des Lasersignals LS moduliert und die modulierten Signale S1, S2 werden wiederum im Polarisationskoppler 9 zum Polarisations-Multiplexsignal PMS zusammengefasst. Wenn es sich um RZ-Signale mit einem Duty Cycle >50% handelt, kann ein Phasenschieber, ein Laufzeitglied 7, zur Verzögerung eines Datensignals eingefügt werden. Bei NRZ-Signalen werden den Modulatoren Zwischenspeicher vorgeschaltet und die Modulation erfolgt synchron.

Wesentlich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist eine möglichst optimale Phasenverschiebung zwischen den orthogonal polarisierten, die selbe Datenrate aufweisenden Sendesignalen zur Minimierung der gegenseitigen Störungen.

In Figur 4 ist eine Anordnung mit einer Regelung beschrieben. Zwei Datensignalquellen 5 und 6 werden von einem gemeinsamen Taktgenerator 11 getaktet. Das Taktsignal TS wird über ein festes Verzögerungsglied 71 bzw. ein einstellbares Verzögerungsglied 7 jeweils einer der Datensignalquellen zugeführt. Die Datensignalquellen geben jeweils ein Datensignal DS1 und DS2 ab, mit denen ein vom Laser 1 erzeugtes Trägersignal in den Modulatoren 3 und 4 amplitudenmoduliert wird. Bei dieser Ausführungsform sind zwei Polarisationssteller 17 und 18 vorgesehen, die die modulierten Signale in zwei zueinander orthogonale Polarisationssebenen drehen. Die orthogonalen Signale werden in einem Addierer 8 zusammengefasst und als Polarisationsmultiplexsignal PMS ausgesendet. Über einen Messkoppler 9 wird von diesem Signal ein Messsignal MS

7

abgezweigt und in einer Fotodiode 19 in ein elektrisches Signal ES umgesetzt. Dies wird in einem Multiplizierer 20 quadriert und dann als quadriertes Messsignal  $ES^2$  einem Filter 21, zweckmäßigerweise einem Bandpass, zugeführt. Wenn die Bitflanken der Signale S1 und S2 synchron sind, ist die Leistung in einem Frequenzbereich, der der Datenrate der Datensignale entspricht, beispielsweise im Frequenzbereich 10 Ghz bei einer Datenrate von 10 Gbit/s ein Minimum. Ein an den Ausgang des Filters angeschalteter Regler 22 variiert das einstellbare Laufzeitglied 7 so lange, bis dieses Minimum erreicht ist. Das einstellbare Laufzeitglied 7 kann an beliebiger Stelle im unteren zweiten Signalweg 7,6,4,18,8 der Anordnung eingeschaltet sein. Auch die in Figur 1 dargestellte Anordnung kann selbstverständlich mit dieser Regelung ausgestattet werden.

Durch die weitere Quadrierung des elektrischen Messsignals ES (die erste erfolgt durch die Fotodiode 19) erhält man ein besseres Regelkriterium. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass man entweder auf ein Maximum der Grundfrequenz regelt oder auf ein Minimum der störenden Frequenzanteile, was im Allgemeinen einen weniger flachen Verlauf liefert.

Figur 5 zeigt eine weitere Variante der Regelung. Es werden wieder zwei orthogonal polarisierte amplitudenmodulierte Signale S1 und S2 erzeugt. Figur 5 unterscheidet sich von Figur 4 lediglich darin, dass der vom Laser 1 erzeugte optische Träger über einem Polarisationssteiler 9 geführt wird, wodurch die Polarisationssteller entfallen können. Von beiden modulierten polarisierten Signalen S1 und S2 wird über Messkoppler 10 und 11 jeweils ein Messsignal MS1 und MS2 abgezweigt und optoelektrischen Wandlern 12 und 13 (Demodulatoren) zugeführt. Die elektrischen Signale werden

miteinander in einem Exclusive-OR-Gatter bzw. Exclusive-NOR-Gatter miteinander logisch verglichen. Sind die Signale S1 und S2 ohne Phasenunterschied  $\phi = 0$  synchron, wie dies im Zeitdiagramm Figur 6 dargestellt ist, so weist das Ausgangssignal EX des Exclusive-OR-Gatters maximal die halbe Frequenz der Datenrate auf. Besteht jedoch ein Phasenunterschied, z. B.  $\phi = 90^\circ$  zwischen den Signalen S1 und S2, wie ebenfalls im Zeitdiagramm Figur 6 für einen dargestellt ist, so verdoppelt sich die Ausgangsfrequenz. Je nach Ausführung des Filters 24 kann der Regler 22 auf ein Maximum seines Eingangssignals der halben Datenrate oder auf ein Minimum seines Eingangssignals mit höherer Datenrate durch Einstellen des Laufzeitgliedes 7 regeln.

Figur 7 zeigt eine Variante die für RZ-Signale geeignet ist. Die ideale Phasenlage der polarisierten Signale ist bei kurzem Duty Cycle dann gegeben, wenn diese einen Phasenunterschied von 180 Grad aufweisen. Durch das Laufzeitglied 17 wird eines dieser Signale um ein 1/2 Bit verzögert, sodass die elektrischen Messsignale ES1 und ES2 wie im Zeitdiagramm Figur 8 dargestellt bei idealem Phasenunterschied keinen Phasenunterschied aufweisen. Die Impulse werden beispielsweise durch ein UND-Gatter 18 miteinander verglichen und über einen Tief- oder Bandpass einem Regler 22 zugeführt, der das Zeitglied 7 so steuert, dass ein Signal mit maximaler Amplitude erzeugt wird. Bei einer Phasenabweichung von 20 Grad werden dagegen nur schmale Impulse erzeugt. Es muss daher durch die Regelung sichergestellt sein, dass sich die Impulse ES1 und ES2 zeitlich stets überlappen.

Figur 9 zeigt eine weitere Anordnung zur Synchronisation, die zwei Phasendetektoren 30, 31, 32, 33 und 35, 36, 37, 38

enthält. Diese sind als Hogge-Phasendetektoren mit jeweils zwei Kippstufen 32, 33 bzw. 35, 36 und zwei Exclusive-OR-Gattern 32, 33 bzw. 37, 38 ausgeführt. Der erste Phasendetektor, der dem ersten (oberen) Signalweg 5, 3, 8 zugeordnet ist und sein Eingangssignal über einen ersten Messkoppler 10 und die Fotodiode 12 erhält, sorgt dafür, dass zwischen dem Eingangssignal und von einem steuerbaren Oszillator (VCO) 34 erzeugtes Taktsignal TSH eine definierte Phasenbeziehung besteht. Das Eingangssignal des Phasendetektors wird hierbei in der Bitmitte von dem Taktsignal TSH abgetastet und in der Kippstufe 30 zwischengespeichert. Da ein Taktsignal TS mit der selben Frequenz bereits vom Taktgenerator 11 erzeugt wird, kann anstelle des Oszillators auch ein einstellbares Laufzeitglied verwendet werden, wodurch die Schaltung wesentlich einfacher realisierbar ist.

Bei einem symmetrischen Aufbau wird durch den zweiten Phasendetektor 35, 36, 37, 38, der sein Eingangssignal über den zweiten Messkoppler 11 und die Fotodiode 13 erhält, über den Regler 39 das einstellbare Laufzeitglied 7 so eingestellt, dass auch das Eingangssignal des zweiten Phasendetektors in der Mitte abgetastet wird, d.h. das beide Signale S1 und S2 phasensynchron sind. Figur 10 zeigt diesen Fall in einem Zeitdiagramm.

Bei RZ-Signalen kann wieder ein Laufzeitglied 27 einem der Phasendetektoren vorgeschaltet werden, um einen Phasenunterschied von  $180^\circ$  zwischen den modulierten Signalen zu erzielen.

Wird statt Amplitudenmodulation eine Winkelmodulation verwendet, können die gleichen Schaltungen verwendet werden,

10  
wenn die Signale zunächst in amplitudenmodulierte Signale  
umgesetzt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Verringerung der Signaldegradation eines Polarisations-Multiplexsignals (PMS), das durch Zusammenfassen eines ersten modulierten optischen Signals (S1) und eines eine andere Polarisation aufweisenden, mit der gleichen Datenrate modulierten zweiten optischen Signals (S2) erzeugt wird,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass bei der Übertragung von NRZ-modulierten Signalen (S1, S2) das erste Signal (S1) und das zweiten Signal (S2) mit einer Phasendifferenz von zumindest annähernd Null übertragen werden, so dass die Modulationsabschnittsgrenzen des ersten und des zweiten Signals (S1, S2) maximal von Auswertungszeitpunkten des jeweils anderen Signals (S2, S1) entfernt liegen.
2. Verfahren nach Anspruch 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass zwischen dem ersten Signal (S1) und dem zweiten Signal (S2) eine Phasendifferenz von zumindest annähernd Null zwischen beiden Signalen (S1, S2) eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass das (S1, S2) das erste Signal (S1) und das zweite Signal (S2) mit einer Phasendifferenz von zumindest annähernd Null zwischen beiden Signalen (S1, S2) erzeugt werden.
4. Verfahren zur Verringerung der Signaldegradation eines Polarisations-Multiplexsignals (PMS), das durch Zusammenfassen eines ersten modulierten optischen Signals (S1) und eines eine andere Polarisation aufweisenden, mit der gleichen Datenrate modulierten zweiten optischen Signals (S2) erzeugt wird,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass bei der Übertragung von RZ-modulierten Signalen (S1, S2), die eine Impulslänge kleiner 50% einer Bitlänge aufweisen, zwischen dem ersten Signal (S1) und dem zweiten Signal (S2) eine Phasendifferenz von zumindest annähernd  $180^\circ$  eingestellt wird, so dass die Modulationsabschnittsgrenzen des ersten und des zweiten Signals (S1, S2) maximal von Auswertungszeitpunkten des jeweils anderen Signals (S2, S1) entfernt liegen.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Signal (S1) durch Modulation eines ersten optischen Trägersignals (OT1) mit einem ersten Datensignal (DS1) erzeugt wird, dass das zweite Signal (S2) durch Modulation eines zweiten optischen Trägersignals (OT2), das eine andere Polarisierung aufweist, mit einem zweiten Datensignal (DS2) erzeugt wird und dass diese beiden Datensignale (DS1, DS2) zueinander synchronisiert werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Signal (S1) durch Modulation eines ersten optischen Trägersignals (OT1) mit einem ersten Datensignal (DS1) erzeugt wird, dass das zweite Signal (S2) durch Modulation eines zweiten optischen Trägersignals (OT2), das eine andere Polarisierung aufweist, mit einem zweiten Datensignal (DS2) erzeugt wird und dass das erste Datensignal (DS1) und das zweite Datensignal (DS2) zwischengespeichert und mit von nur einem Taktgenerator (11) abgeleitenden Taktsignalen (TS1, TS2) den Trägersignalen (OT1, OT2) aufmoduliert werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

dass das erste Datensignal (DS1) und das zweite Datensignal (DS2) durch Demultiplexen eines Datensignal (DS) erzeugt wird, dass das erste Signal (S1) durch Modulation eines ersten optischen Trägersignals (OT1) mit einem ersten Datensignal (DS1) erzeugt wird, dass das zweite Signal (S2) durch Modulation eines zweiten optischen Trägersignals (OT2), das eine andere Polarisation aufweist, mit einem zweiten Datensignal (DS2) erzeugt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Signal (S1) durch Modulation eines ersten optischen Trägersignals (OT1) durch zwei- oder mehrstufige Phasenmodulation mit einem ersten Datensignal (DS1) erzeugt wird, und daß das zweite Signal (S2) durch Modulation eines zweiten optischen Trägersignals (OT2), das eine andere Polarisation aufweist, durch zwei- oder mehrstufige Phasenmodulation mit einem zweiten Datensignal (DS2) erzeugt wird.

9. Anordnung zur Verringerung der Signaldegradation bei einem optischen Polarisations-Multiplexsystem, die zwei Signalwege (5, 3, 8; 6, 4, 8) mit jeweils einem Modulator (3, 4) aufweist, und die zwei Datensignalquellen (5, 6) mit gleicher Datenrate aufweist, die jeweils einen optischer Träger modulieren, und die einen Kombiniierer (8) aufweist, der die modulierten Signale (S1, S2) zu einem Polarisationsmultiplexsignal (PMS) zusammengefasst, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Signalweg (1, 6, 8, 20) einen Phasenschieber (7) oder eine Taktanpassung (12, 13) aufweist, die die Phasendifferenz zwischen den modulierten Signalen (S1, S2), wenn diese im NRZ-Format übertragen werden, zumindest annähernd auf Null reduziert oder, wenn diese im RZ-Format mit einer Impulsdauer kleiner 50% einer Bitdauer übertragen werden, die Phasendifferenz zumindest annähernd auf 180° einstellt.

10. Anordnung nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass in einen Signalweg zur Verschiebung eines der beiden  
modulierten Signale (S2) gegenüber dem anderen modulierten  
Signal (S1) ein einstellbares Laufzeitglied (7, 71)  
eingeschaltet ist.
11. Anordnung nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Phasenschieber ein einstellbares Verzögerungsglied  
(71) zwischen eine der Datensignalquellen (6) und einen die  
Datensignalquelle (6) durch ein Taktsignal (TS) triggernden  
Taktgenerator (11) eingeschaltet ist.
12. Anordnung Anspruch 10 oder 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Synchronisiereinrichtung (9, 10, 7) vorgesehen ist,  
die den Phasenunterschied zwischen den modulierten Signalen  
(S1, S2) zumindest annähernd auf Null regelt.
13. Anordnung Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Synchronisiereinrichtung (9, 19, 20, 21, 22, 7)  
aufweist:  
einen Splitter (9), der einen Teil des  
Polarisationsmultiplexsignal (PMS) als Messsignal (MS)  
auskoppelt,  
einen optoelektrischer Wandler (19), der das Messsignal (MS)  
in ein elektrisches Messsignal (ES) umsetzt,  
einen Multiplizierer (20), der das elektrische Messsignal  
(ES) in ein quadriertes Messsignal ( $ES^2$ ) umsetzt,  
ein Hochpasseigenschaften aufweisendes Filter (21), dessen  
untere Grenzfrequenz oberhalb der halben Datenrate liegt,  
oder ein Bandpasseigenschaften aufweisendes Filter (21),  
dessen Mittenfrequenz der Datenrate entspricht, dem das  
quadriertes Messsignal ( $ES^2$ ) zugeführt wird,

15

eine Regeleinrichtung (22, 7), der das quadrierte Messsignal ( $ES^2$ ) von einem Filter als Regelsignal zugeführt wird und die die Amplitude des Filter-Ausgangssignals durch zeitliche Verschiebung eines der beiden modulierten Signale (S2) gegenüber dem anderen modulierten Signal (S1) minimiert.

14. Anordnung Anspruch 12,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die Synchronisiereinrichtung (9, 19, 20, 21, 22, 7) aufweist:

einen Splitter (9), der einen Teil des Polarisationsmultiplexsignal (PMS) als Messsignal (MS) auskoppelt,

einen optoelektrischer Wandler (19), der das Messsignal (MS) in ein elektrisches Messsignal (ES) umsetzt,

einen Multiplizierer (20), der das elektrische Messsignal (ES) in ein quadriertes Messsignal ( $ES^2$ ) umsetzt,

ein Tiefpasseigenschaften aufweisendes Filter (21), dessen untere Grenzfrequenz oberhalb der halben Datenrate liegt,

oder ein Bandpasseigenschaften aufweisendes Filter (21), dessen Mittenfrequenz der halben Datenrate entspricht, dem

das quadriertes Messsignal ( $ES^2$ ) zugeführt wird,

eine Regeleinrichtung (22, 7), der das quadrierte Messsignal ( $ES^2$ ) von einem Filter als Regelsignal zugeführt wird und die

die Amplitude des Filter-Ausgangssignals durch zeitliche Verschiebung eines der beiden modulierten Signale (S2)

gegenüber dem anderen modulierten Signal (S1) maximiert.

15. Anordnung nach Anspruch 12, bei der ein optischer Träger von zwei Datensignalquellen (5, 6) gleicher Datenrate moduliert wird,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass die Synchronisiereinrichtung ( ) aufweist:

zwei Messkoppler (10, 11), die von jedem der modulierten

Signale (S1, S2) ein Messsignal (MS1, MS2) auskoppeln,

optoelektrische Wandler (12, 13), die die Messsignale (MS1, MS2) in elektrische Messsignale (ES1, ES2) umsetzen,

16

ein Exclusive-OR-Gatter (23), dem die elektrischen Messsignale (ES1, ES2) zugeführt werden, einen Regler (22), dem das Ausgangssignal des Exclusive-OR-Gatter (23) über ein Filter (24) zugeführt wird und der das gefilterte Ausgangssignal bei einem Hoch- oder Bandpaßeigenschaften aufweisendem Filter auf einen Minimalwert und bei einem Tiefpasseigenschaften aufweisenden Filter auf einen Maximalwert regelt.

16. Anordnung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass bei RZ-modulierten Signalen (S1, S2) in Serie mit einem der optoelektrischen Wandler (12, 13) ein Laufzeitglied (17), das eine Laufzeit von 0,5 Bit aufweist, geschaltet ist.

17. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisiereinrichtung aufweist: einen ersten Messkoppler (10), der im ersten Signalweg angeordnet ist und vom ersten modulierten Signal (S1) ein erstes Messsignal (MS1) auskoppelt, einen ersten Phasendetektor (30, 31, 32, 33) im ersten Signalweg, dem das erste Messsignal (MS1) über einen ersten opto-elektrischen Wandler (12) zugeführt wird und der einen Taktregenerator (34) steuert, der einen Vergleichstakt (TSH) erzeugt, einen zweiten Messkoppler (11), der im zweiten Signalweg angeordnet ist und vom zweiten modulierten Signal (S2) zweites Messsignal (MS2) auskoppelt, einen zweiten Phasendetektor (35, 36, 37, 38) im zweiten Signalweg, dem der Vergleichstakt (TSH) und über einen zweiten opto-elektrischen Wandler (13) das zweite Messsignal (MS2) zugeführt werden, einen Regler (39), der vom zweiten Phasendetektor (35, 36, 37, 38) gesteuert wird und ein Verzögerungsglied (7) im zweiten Signalweg oder Taktsignalweg so steuert, dass beide modulierte Signale (S1, S2) die selbe Phasenlage aufweisen.

18. Anordnung nach Anspruch 16,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Taktregenerator (34) ein gesteuertes Laufzeitglied  
vorgesehen ist, dem das von Taktgenerator (11) erzeugte  
Taktsignal (TS) zugeführt wird.

19. Anordnung nach Anspruch 17 oder 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Bei RZ-Modulierten Signalen in einen Messsignalweg (26,  
27, 28) ein Laufzeitglied (27) mit der Zeitverzögerung eines  
halben Bits eingefügt ist.

FIG 1

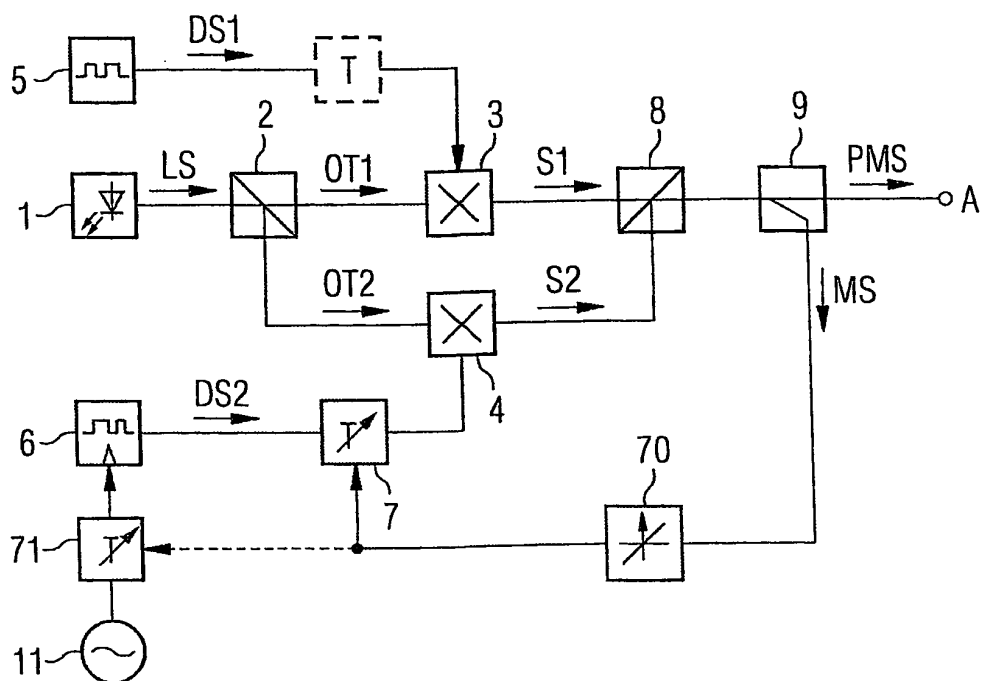


FIG 2

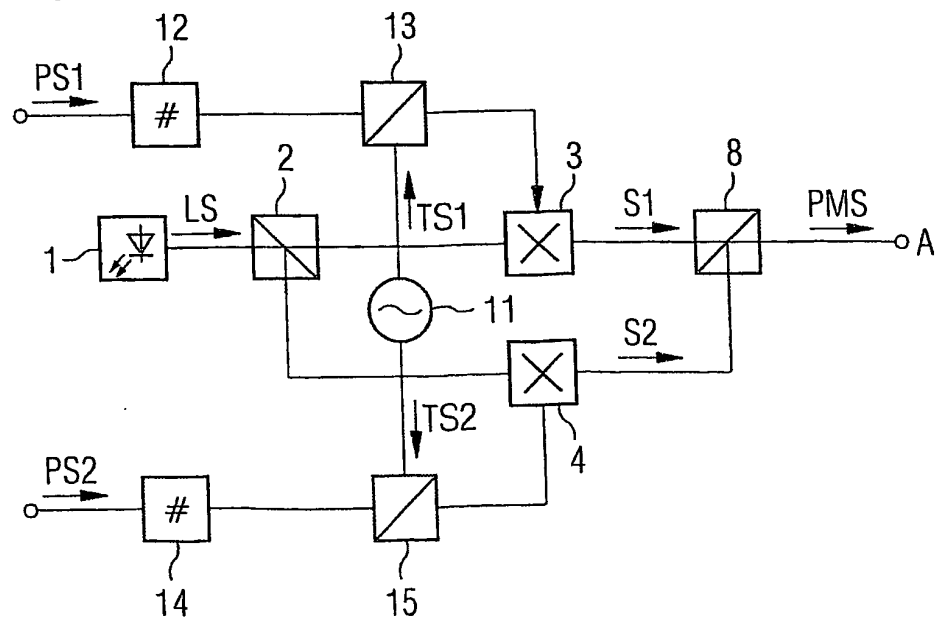


FIG 3

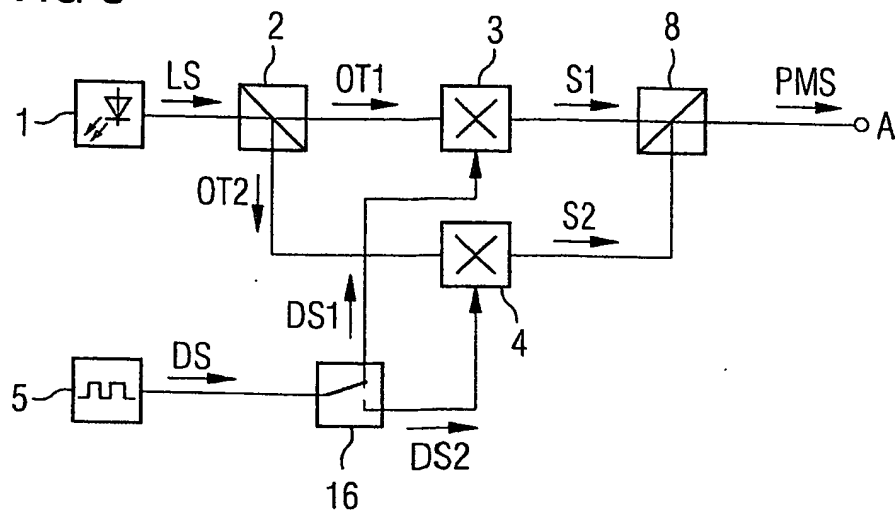


FIG 4

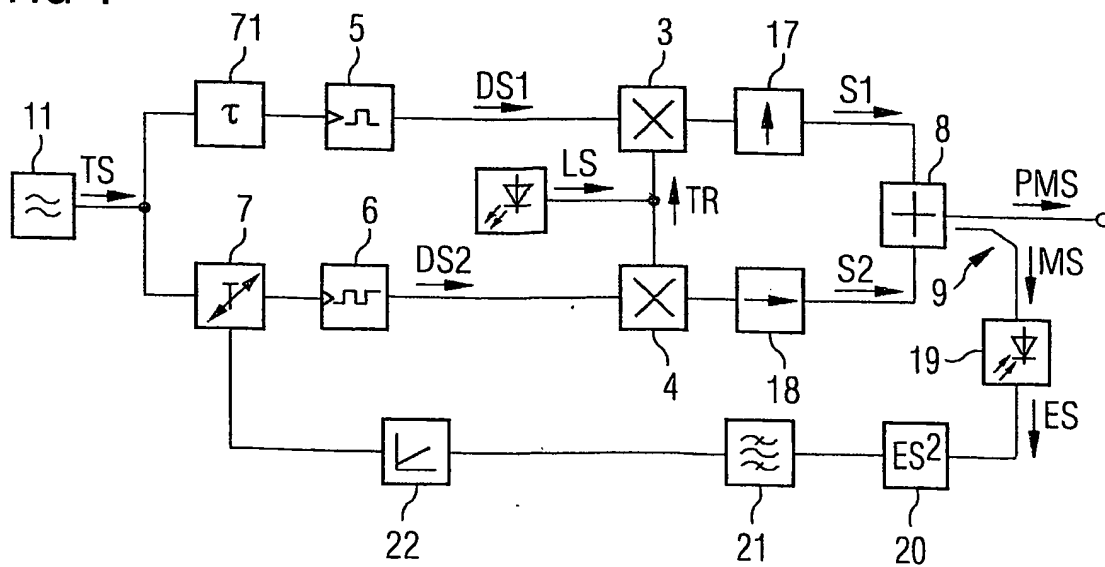


FIG 5

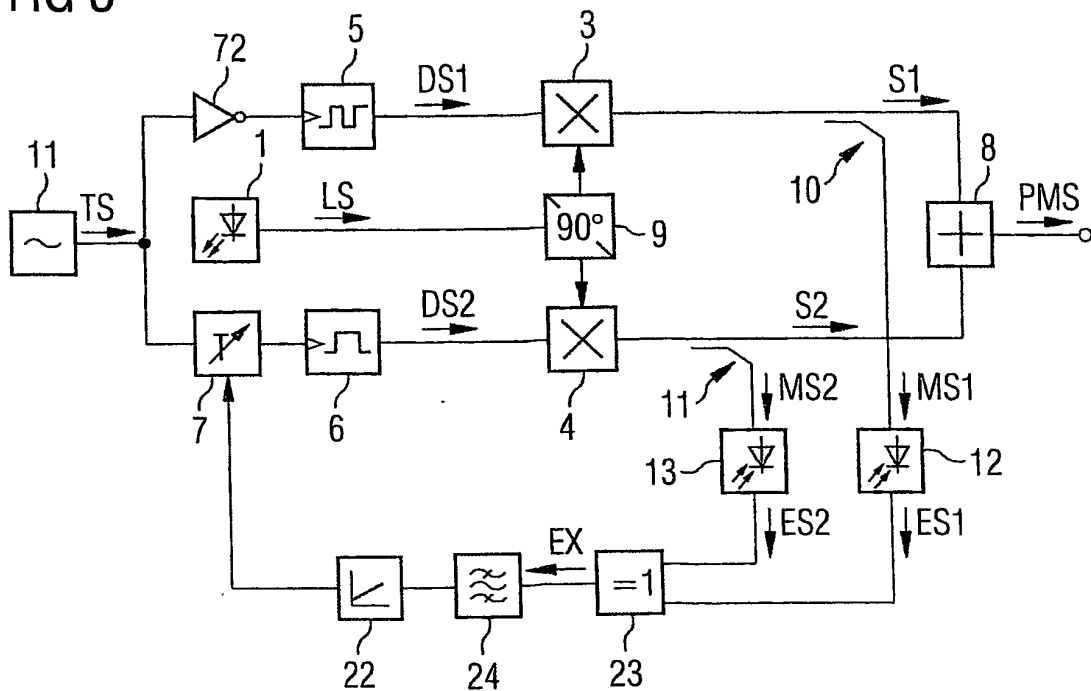


FIG 6

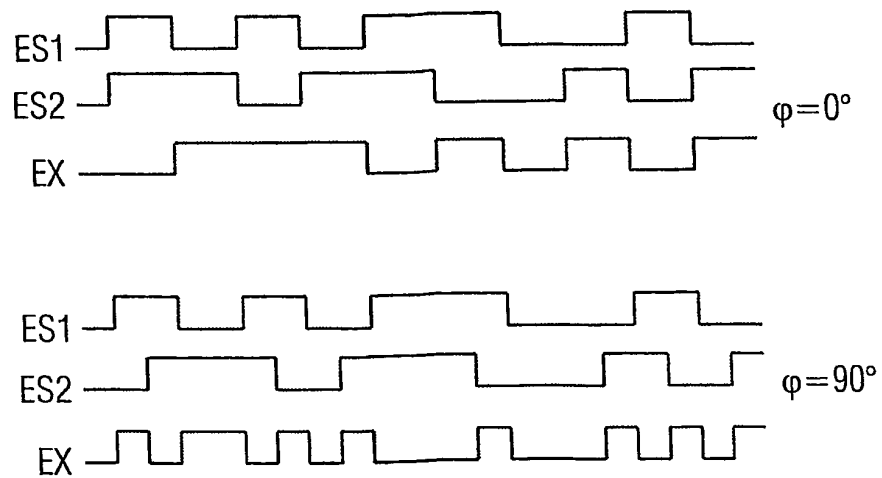


FIG 7

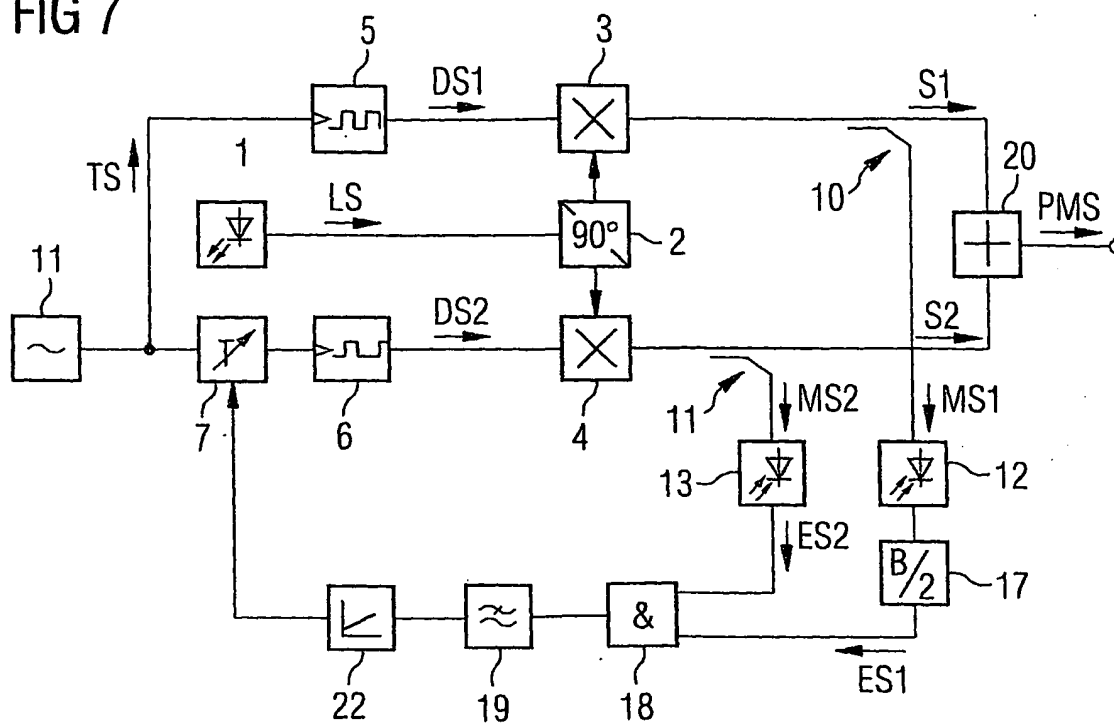


FIG 8

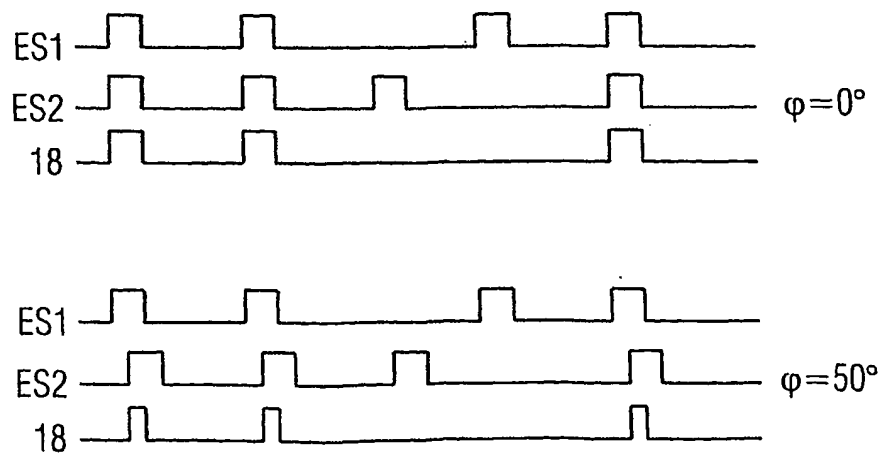


FIG 9

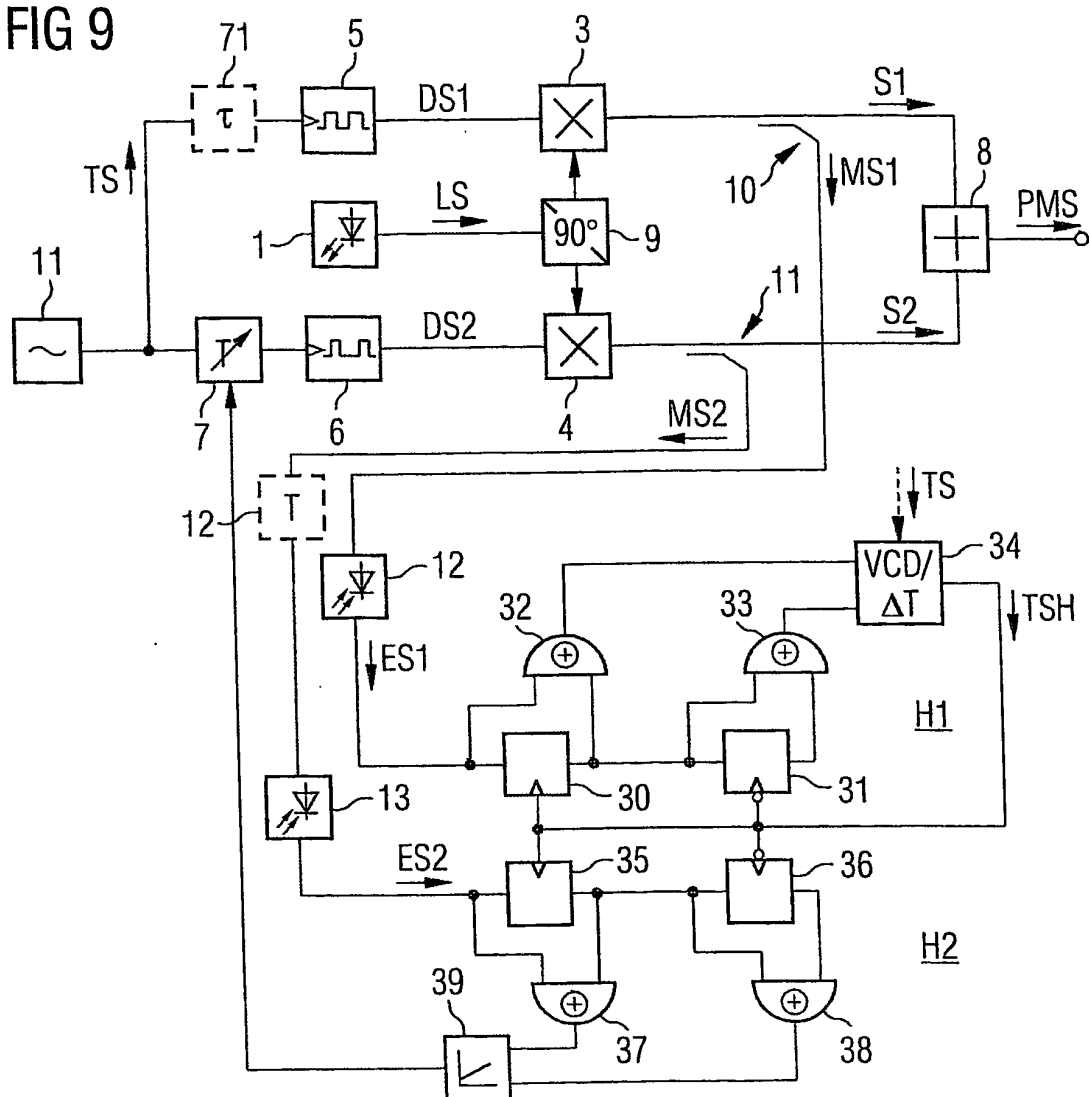
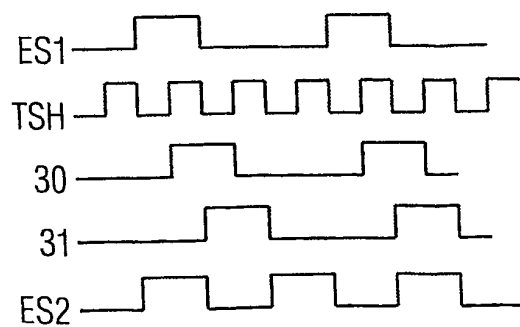


FIG 10



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat application No

PCT/DE 03/01446

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04J14/06 H04B10/135

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04J H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X          | US 2002/003641 A1 (RAO HEMONTH ET AL)<br>10 January 2002 (2002-01-10)<br>page 2, paragraphs 18,19<br>page 7, paragraph 78                      | 1-3,5-12              |
| A          | page 8, paragraphs 88,91; figures 5,9,10<br>---  | 4,13-19               |
| P,X        | EP 1 298 818 A (SIEMENS AG)<br>2 April 2003 (2003-04-02)<br>column 3, paragraph 10 -column 5,<br>paragraph 20<br>column 8, paragraph 30<br>--- | 1-4,9                 |
| A          | US 6 342 961 B1 (DAVIDSON CARL ET AL)<br>29 January 2002 (2002-01-29)<br>column 4, line 1 -column 4, line 17;<br>figures 3,4<br>---<br>-/--    | 1-19                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 October 2003

Date of mailing of the international search report

05/11/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Koch, B

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat~~ional~~ Application No

PCT/DE 03/01446

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| Category *   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
| A  | EP 0 475 640 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 18 March 1992 (1992-03-18)<br>page 5, line 10 -page 5, line 22<br>page 12, line 54 -page 13, line 7<br>----- | 1-19                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE 03/01446

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)   | Publication<br>date  |
|---|----|---------------------|--|--|
| US 2002003641                             | A1 | 10-01-2002          | AU 8043201 A<br>EP 1295424 A2<br>WO 0186849 A2   | 20-11-2001<br>26-03-2003<br>15-11-2001   |
| EP 1298818                                | A  | 02-04-2003          | DE 10147871 A1<br>EP 1298818 A2<br>US 2003128982 A1  | 30-04-2003<br>02-04-2003<br>10-07-2003   |
| US 6342961                                | B1 | 29-01-2002          | US 6134033 A<br>AU 3312899 A<br>CA 2323744 A1<br>EP 1060589 A2<br>WO 9944298 A2                    | 17-10-2000<br>15-09-1999<br>02-09-1999<br>20-12-2000<br>02-09-1999               |
| EP 0475640                                | A  | 18-03-1992          | JP 3001943 B2<br>JP 4109722 A<br>DE 69124036 D1<br>DE 69124036 T2<br>EP 0475640 A2<br>US 5247382 A | 24-01-2000<br>10-04-1992<br>20-02-1997<br>12-06-1997<br>18-03-1992<br>21-09-1993 |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/01446

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H04J14/06 H04B10/135

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04J H04B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X          | US 2002/003641 A1 (RAO HEMONTH ET AL)<br>10. Januar 2002 (2002-01-10)<br>Seite 2, Absätze 18,19<br>Seite 7, Absatz 78<br>Seite 8, Absätze 88,91; Abbildungen 5,9,10 | 1-3,5-12           |
| A          | ---   | 4,13-19            |
| P,X        | EP 1 298 818 A (SIEMENS AG)<br>2. April 2003 (2003-04-02)<br>Spalte 3, Absatz 10 -Spalte 5, Absatz 20<br>Spalte 8, Absatz 30  | 1-4,9              |
| A          | US 6 342 961 B1 (DAVIDSON CARL ET AL)<br>29. Januar 2002 (2002-01-29)<br>Spalte 4, Zeile 1 -Spalte 4, Zeile 17;<br>Abbildungen 3,4                                  | 1-19               |
|            | ---   |                    |
|            | -/--  |                    |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Oktober 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/11/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Koch, B

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Aktenzeichen

PCT/DE 03/01446

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A          | <p>EP 0 475 640 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 18. März 1992 (1992-03-18)</p> <p>Seite 5, Zeile 10 -Seite 5, Zeile 22</p> <p>Seite 12, Zeile 54 -Seite 13, Zeile 7</p> <p>-----</p> | 1-19               |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internatio Aktenzeichen

PCT/DE 03/01446

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie  | Datum der<br>Veröffentlichung  |
|--|-------------------------------|--|--|
| US 2002003641 A1                                   | 10-01-2002                    | AU 8043201 A<br>EP 1295424 A2<br>WO 0186849 A2   | 20-11-2001<br>26-03-2003<br>15-11-2001   |
| EP 1298818 A                                       | 02-04-2003                    | DE 10147871 A1<br>EP 1298818 A2<br>US 2003128982 A1  | 30-04-2003<br>02-04-2003<br>10-07-2003   |
| US 6342961 B1                                      | 29-01-2002                    | US 6134033 A<br>AU 3312899 A<br>CA 2323744 A1<br>EP 1060589 A2<br>WO 9944298 A2                    | 17-10-2000<br>15-09-1999<br>02-09-1999<br>20-12-2000<br>02-09-1999               |
| EP 0475640 A                                       | 18-03-1992                    | JP 3001943 B2<br>JP 4109722 A<br>DE 69124036 D1<br>DE 69124036 T2<br>EP 0475640 A2<br>US 5247382 A | 24-01-2000<br>10-04-1992<br>20-02-1997<br>12-06-1997<br>18-03-1992<br>21-09-1993 |